نشریه پژوهش‌های زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۴۰-۱۲۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 1, Spring. 2019, p. 123-140

اثر کاربرد تلفیقی ریزو باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریزا در کشت مخلوط بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) بر خصوصیات رشدی و عملکرد دانه

خدیجه علیزاده[۱]، اسماعیل رضائی چیانه[۲*]، رضا امیرنیا[۳]، محسن برین[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر برخی ویژگی‌های زراعی بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) در کشت مخلوط، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل‌تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ به اجرا درآمد. عامل اول شامل الگوی کشت در پنج سطح شامل کشت خالص بزرک، کشت خالص باقلا، کشت مخلوط یک ردیف بزرک + یک ردیف باقلا، دو ردیف بزرک + دو ردیف باقلا و سه ردیف بزرک + سه ردیف باقلا و عامل دوم شامل عدم مصرف و مصرف کود زیستی (ترکیب قارچ میکوریزا+ باکتری‌های تأمین‌کننده نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد) بود. صفات مورد مطالعه برای بزرک شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد روغن و برای باقلا شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، طول نیام، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بودند. نتایج نشان داد که الگوی کشت بر کلیه صفات مورد بررسی باقلا و بزرک اثر معنی‌دار داشت. حداکثر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا به‌ترتیب از کشت خالص (به‌ترتیب با ۴/۲۸۰ و ۱۳/۳۰۰ تن در هکتار) و کمترین مقادیر آنها از کشت مخلوط با نسبت یک ردیف بزرک و یک ردیف باقلا خالص (به‌ترتیب با ۲/۵۹۰ و ۱۰/۲۴۰ تن در هکتار) به‌دست آمد. حداکثر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بزرک از کشت خالص بزرک (به‌ترتیب با ۲/۲۳۰ و ۷/۱۵۳ تن در هکتار) و کمترین میزان عملکرد از کشت مخلوط سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا (به‌ترتیب با ۱/۰۴۰ و ۴/۹۹۲ تن در هکتار) حاصل شد. درصد روغن بزرک در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. همچنین، بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک هر دو گونه در شرایط کاربرد کود زیستی و کمترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از عدم مصرف کاربرد کود زیستی به‌دست آمد. بالاترین نسبت برابری زمین نیز در شرایط کاربرد کود زیستی در کشت مخلوط دو ردیف بزرک + دو ردیف باقلا برابر با ۱/۵۳ به‌دست آمد که معادل ۵۳ درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود و این نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، الگوی کشت، باکتری‌های حل‌کننده فسفات، روغن، نسبت برابری زمین

مقدمه

بزرک گیاهی یک ساله (*Linum usitatissimum* L.) علفی، از تیره کتان (Linaceae) است. بزرک و کتان گیاهانی با دو تیپ رشدی متفاوت از این گونه زراعی می‌باشند. بزرک به ژنوتیپ‌هایی از گیاه اطلاق می‌شود که قد آنها کوتاه و دارای انشعابات زیاد بوده و درنتیجه عملکرد دانه آنها زیاد می‌باشد و به منظور تولید روغن کشت می‌شود.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۴- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: (Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v17i1.71955

مقدار روغن موجود در دانه بزرک بین ۳۰ تا ۴۰ درصد است، ولی این مقدار در کتان لیفی بین ۱۰ تا ۱۵ درصد می‌باشد. طول دوره رشد بذرک به طور متوسط ۹۰ تا ۱۵۰ روز است (Moradi Telavat and Ataollah Siadat, 2012). میزان تولید بزرک در ایران حدود ۷۷ تن که در سطحی معادل ۲۱۳ هکتار به‌دست می‌آید. عملکرد این محصول در کشور معادل ۳۶۲ کیلوگرم بذر در هکتار است (FAO, 2016).

باقلا (*Vicia faba* L.) یکی از حبوبات عمده در بسیاری از کشورهای جهان به‌شمار می‌رود که به صورت دو منظوره در تغذیه انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گیرد. وجود ۲۳/۴ درصد پروتئین در دانه باقلا باعث شده است تا امروزه به‌عنوان یکی از حبوبات عمده در خیلی از مناطق جهان مورد توجه قرار گیرد. میزان تولید باقلا در ایران حدود ۲۴ هزار تن که در سطحی معادل ۱۹ هزار هکتار به‌دست می‌آید. عملکرد این محصول در کشور معادل ۱۲۶۳ کیلوگرم در

هکتار است (FAO, 2016). باکتری ریزوبیوم لگومینوزاریوم (*Rhizobium leguminozarum*) روی ریشه باقلا فعالیت می‌کند که سالانه قادر است تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن تثبیت کند (Jensen *et al*, 2010).

امروزه مصرف نهاده‌های خارجی ازجمله کودها و سموم شیمیایی که یکی از دستاوردهای کشاورزی رایج است، درحال افزایش بوده که مصرف بی‌رویه این نهاده‌ها منجر به کاهش تنوع زیستی، به مخاطره افتادن سلامت بوم‌نظام‌ها و مشکلات زیست‌محیطی متعددی شده است و بالاخره اثر سوء آنها بر سلامت انسان نیز غیرقابل انکار می‌باشد. بنابراین بهره‌گیری از اصول اکولوژیکی مانند کشت مخلوط و کودهای زیستی در تولید گیاهان زراعی امری ضروری به نظر می‌رسد (Gliessman, 1998). کاربرد تلفیقی کودها به نسبت استفاده منفرد آن‌ها علاوه بر تأثیرات مثبتی که بر کاهش آلودگی محیط‌زیست دارند، می‌توانند از لحاظ کاهش هزینه‌های تولید نیز موثر واقع شوند، ضمن اینکه در طولانی مدت می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشند (Seyed Sharifi and Namvar, 2015).

کودهای زیستی متشکل از باکتری‌ها و قارچ‌های مفیدی هستند که هریک به‌منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول آنها تولید می‌شوند. این باکتری‌ها معمولاً در اطراف ریشه (به صورت آزادزی یا همزیست با ریشه گیاه) مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می‌دهند. کودهای زیستی به‌واسطه تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین، سیتوکنین و جیبرلین باعث افزایش رشد ریشه‌های گیاه شده و سطح جذب ریشه را برای جذب عناصر غذایی و آب، افزایش می‌دهد و با افزایش جذب عناصر غذایی مقاومت گیاه به انواع تنش‌های محیطی و آفات و بیماری‌ها بیشتر شده و در نتیجه عملکرد گیاهان نیز افزایش می‌یابد (Seyed Sharifi and Namvar, 2015).

امروزه به‌کارگیری ریز موجودات مفید خاک به‌عنوان کودهای زیستی به‌عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه حل برای تأمین عناصر غذایی به‌صورت کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان و حفظ سلامت محیط‌زیست می‌باشد (Khaki Najafabadi *et al*., 2017). استفاده از کودهای زیستی در سیستم‌های کشت مخلوط احتمال موفقیت سیستم‌های آن‌ها را افزایش می‌دهد. چنین به نظر می‌رسد که با بهره‌گیری از کودهای زیستی در کشت مخلوط ضمن افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌توان افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان را نیز در این سیستم انتظار داشت (Rezaei Chiyaneh *et al*., 2014).

تلقیح با باکتری محرک رشد و قارچ‌های میکوریزا باعث بهبود رشد گیاه و افزایش احتمالی ترشحات ریشه گیاه می‌گردد و افزایش این ترشحات به نوبهٔ خود موجب افزایش شاخص‌های زیستی خاک و بهبود حاصلخیزی خاک و در نهایت ارتقاء وضعیت تغذیه گیاه می‌شود. در کشت مخلوط یولاف (*Avena Sativa* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) گزارش شده است که جمعیت میکروبی خاک در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص به دلیل افزایش تنوع گونه‌های زراعی، افزایش مواد آلی و فعالیت ریزموجودات خاک و بهبود تهویه خاک افزایش می‌یابد (Jannoura *et al*., 2014). محققان دیگری در بررسی فعالیت میکروبی خاک در سیستم‌های کشت مخلوط به این نتیجه رسیدند که افزایش تنوع محصولات در کشت مخلوط منجر به افزایش جمعیت میکروبی خاک نسبت به سیستم‌های تک‌کشتی می‌گردد (Tang *et al*., 2014). این محققان دلیل بالا بودن زیست‌توده میکروبی خاک در کشت مخلوط را تنوع بیشتر میکروارگانیسم‌ها و پیچیدگی روابط شکارگری و باکتری‌خواری در بین میکروارگانیسم‌های موجود در خاک بیان نمودند.

کشت مخلوط ضمن افزایش تنوع بوم‌شناختی و اقتصادی، سبب افزایش عملکرد در واحد سطح، استفادهٔ کارآمدتر از عوامل محیطی از قبیل زمین، نور، آب و عناصر غذایی، کاهش آفات و بیماری‌ها، افزایش ثبات نظام و تغذیه مطلوب‌تر انسان و دام و برتری اقتصادی، افزایش کمیت و کیفیت محصول می‌شود (Gharineh and Enayat Gholizadeh, 2009). در چنین سیستمی اغلب نیتروژن تثبیت‌شده کشت مخلوط توسط لگوم‌ها به گیاهان همراه انتقال و این امر در عین کم نهاده بودن سیستم منجر به پایداری نیز می‌گردد (Hauggaard-Nielsen *et al*., 2009). رضائی چیانه (Rezaei- Chiyaneh, 2016) در کشت مخلوط بزرک و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا چیتی از تیمار کشت خالص به‌دست آمد، اما بیشترین میزان پروتئین دانه لوبیا چیتی در کشت مخلوط ردیفی مشاهده شد. همچنین، بیشترین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه بزرک از کشت خالص حاصل شد، اما درصد روغن بزرک در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. دباغ محمدی نسب و همکاران (Dabbagh Mohammadi Nassab *et al*., 2015) در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و سه رقم لوبیا با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی گزارش کردند که بیشترین عملکرد اقتصادی لوبیا و ذرت (*Zea Mays* L.) از کشت خالص به‌دست آمد و در تمام تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین (Land equivalent ratio) بالاتر از یک بود که این امر نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. در کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه زیره سبز درنتیجه کاربرد تیمار تلفیقی *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* و در گیاه شنبلیله از گیاهان تحت تیمار *سودوموناس* به‌دست آمد (Rezvani Moghadam and Moradi, 2012).

اکثر مطالعات انجام شده در مورد کودهای زیستی بر مبنای کشت

خالص بوده است، لذا شناخت تأثیر تلفیقی کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی این گیاهان در کشت مخلوط، نیازمند مطالعه و تحقیق می‌باشد. با توجه به اهمیت این موضوع، بررسی تاثیر تلفیقی کودهای زیستی (دارای باکتری‌های تأمین‌کننده نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد + قارچ میکوریزا)، بر عملکرد کمی و کیفی بزرک و باقلا در راستای اهداف کشاورزی پایدار در شرایط آب و هوایی ارومیه از اهداف این تحقیق بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۳۳۲ از سطح دریا و با میانگین دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده ساله به‌ترتیب برابر ۸/۹ درجه سانتی‌گراد و ۲۳۸/۲ میلی‌متر اجرا شد. قبل از کاشت، از محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونهٔ خاک تهیه و سپس تیمارهای کودی بر اساس نقشه طرح، در کرت‌های مورد نظر اعمال گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC × 10 ^{3} (dS m^{-1})	نیتروژن کل %T. N	درصد موادآلی %O.C	فسفر قابل جذب P available (mg kg $^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب K available (mg kg $^{-1}$)
رس سیلتی Silty clay	7.79	0.98	1.10	1.25	12.5	260.20

تیمارهای آزمایش شامل پنج الگوی کاشت شامل کشت مخلوط با نسبت یک ردیف باقلا+ یک ردیف بزرک، دو ردیف باقلا+ دو ردیف بزرک، سه ردیف باقلا+ سه ردیف بزرک و کشت خالص دو گونه و دو سطح کود: مصرف کود زیستی (ترکیب قارچ میکوریزا+ باکتری‌های تأمین‌کننده نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد) و عدم مصرف کود بودند. بذر مورد استفاده باقلا رقم برکت بود که از سازمان تحقیقات و کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و بذر بزرک از توده بومی شاهین دژ بود که از سازمان تحقیقات و کشاورزی و منابع طبیعی ارومیه، تهیه شد.

فاصله بین ردیف‌های هر دو گونه ۴۰ سانتی‌متر و روی ردیف‌ها برای باقلا ۱۲/۵ سانتی‌متر و بزرک سه سانتی‌متر به طول ۳ متر برای دو گونه در نظر گرفته شد (Rezaei- Chiyaneh, 2016). درنتیجه تراکم نهایی در کشت خالص برای باقلا ۲۰ بوته و بزرک ۸۳ بوته در متر مربع بود. کاشت باقلا و بزرک به‌طور همزمان در نیمه دوم فروردین ماه انجام گرفت. بذر هر دو گیاه یک ساعت قبل از کشت در محیط سایه با کود زیستی فسفاته بارور-۲ (حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های *باسیلوس لنتوس* (*Bacillus lentus*) و *سودوموناس پوتیدا* (*Pseudomonas putida*) با تعداد 10^{9} باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک)، ازتو بارور۱ (حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر* با تعداد 10^{9} باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) و پتا بارو -۲ (حاوی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم از جنس *سودوموناس* با تعداد 10^{8} باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) هر سه به‌صورت پودر با نسبت‌های مشخص (۱۰۰ گرم در هکتار) بر اساس دستورالعمل توصیه شده شرکت زیست فناور سبز تلقیح شدند. به این صورت که محتوی بسته با آب مخلوط و روی بذرها اسپری شدند تا یک پوشش کاملاً یکنواخت روی سطح آن‌ها تشکیل شود و سپس بذرها در سایه خشک شدند و عملیات کاشت صورت گرفت. همچنین، در تیمار کود زیستی سولفوبارور-۱ (حاوی باکتری *تیوباسیلوس* با تعداد 10^{8} باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) که به صورت پودر می‌باشد، به میزان هفت کیلوگرم در هکتار استفاده شد. برای اطمینان از اثربخشی آن سه هفته قبل از کاشت به تیمارهای حاوی سولفوبارور-۱ مقداری گوگرد جهت فعالیت باکترهای موجود در این کودها اضافه و با خاک مخلوط گردید. همچنین مصرف قارچ‌های میکوریزا با نام تجاری مایکورت حاوی سه نوع قارچ از جنس (*Glomus mossea*+ *Glomus intraradices*+ *Glomus etunicatum*) به‌صورت بذر مال اعمال شد. قارچ‌های مورد استفاده در این آزمایش که از دشت تبریز جداسازی شده بودند به صورت پودری با مواد معدنی و ۱۰ درصد ماده آلی فرموله شده است. فرمولاسیون حاصله فاقد عناصر معدنی می‌باشد و حاوی ۵۰۰ اندام فعال قارچ در هر گرم می‌باشد.

عملیات وجین علف‌های هرز به‌طور مرتب به‌صورت دستی و در هنگام لزوم انجام شد. اولین آبیاری بعد از کاشت آبیاری و در نوبت‌های بعدی، آبیاری بر حسب شرایط اقلیمی و نیاز گیاه به‌طور متوسط هر ۱۰-۷ روز یک‌بار صورت گرفت. به منظور اجرای آزمایش در شرایط کم‌نهاده و بیشتر نمود پیداکردن تاثیر کودهای زیستی در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد از هیچ‌گونه کودشیمیایی

استفاده نشد.

برای استخراج میزان روغن بزرک، با استفاده از دستگاه سوکسله ابتدا نمونه‌ها آسیاب و پودر شدند و سپس پنج گرم از نمونه‌های آسیاب شده در سوکسله در ۳۰۰ سی‌سی از محلول ان- هگزان قرار داده شدند. پس از شش ساعت حلال مورد نظر از روغن توسط روتاری جدا گردید (Rezaei- Chiyaneh *et al*., 2015).

در پایان فصل رشد، برای تعیین اجزای عملکرد، ابتدا از هر کرت به‌طور تصادفی تعداد ۱۰ بوته انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه برای باقلا و ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه برای بزرک اندازه‌گیری شد. جهت محاسبه عملکرد دانه و بیولوژیک، برداشت بوته‌ها با رعایت شرایط حذف اثر حاشیه از هر طرف در کرت‌ها از مساحت ۳/۶۰ متر مربع صورت گرفت. برای تعیین عملکرد بیولوژیک، پس از جدا نمودن بذور دو گونه، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت‌ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفت و سپس همراه با بذور وزن شدند. برداشت بزرک و باقلا به‌ترتیب در ۳۰ تیر ماه و ۲۵ مرداد ماه زمانی که رنگ کپسول‌های بزرک و نیام‌های باقلا به زردی گرایش پیدا کرده بودند، صورت گرفت.

برای ارزیابی کشت مخلوط باقلا و بزرک در مقایسه با کشت خالص بر اساس شاخص نسبت برابری زمین (بر اساس عملکرد دانه) از معادله ۱ استفاده گردید (Ghale Noyee *et al*., 2017):

$$LER = \frac{Y_1}{F_1} + \frac{Y_2}{S_2} \quad (۱)$$

در این معادله، Y_1 و Y_2: به‌ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در کشت خالص و F_1 و S_2: نیز عملکرد گونه اول و دوم در کشت مخلوط است.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده، از نرم‌افزار SAS 9.4 و برای مقایسه آماری میانگین‌های به‌دست آمده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات رشدی، اجزای عملکرد و عملکرد بزرک

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اثر الگوی کاشت بر کلیه صفات مورد بررسی ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد روغن و اثر کود زیستی بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود، اما اثر متقابل بین الگوی کاشت و نوع کود بر هیچ‌یک از صفات مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کاربرد کود زیستی و کشت مخلوط بر عملکرد و اجزاء عملکرد بزرک

Table 2- Analysis of variance of the effect of biofertilizer application and intercropping on yield and yield components of linseed

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع Height	تعداد شاخه‌های جانبی No. of lateral branch	تعداد کپسول در بوته No. of capsule	تعداد دانه در کپسول No. of seed per capsule	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن Oil percentage
تکرار Replication	2	15.44 n.s	1.78 *	251.74**	0.07 n.s	0.18 n.s	3467.62n.s	252.702 n.s	2.31 n.s
الگوی کشت Cropping	3	196.19 **	8.24 **	956.08**	4.91**	0.14 *	59242.70**	17601.91**	90.71**
کود زیستی Biofertilizer	1	610.54 **	19.89 **	917.60 **	7.605 **	6.93 **	16801.04**	30271.56**	109.01**
الگوی کشت × کود C ×B	3	5.76 n.s	0.63 n.s	4.65 n.s	0.052 n.s	0.12 n.s	562.15 n.s	974.98n.s	10.19 n.s
خطا Error	14	11.71	0.32	15.43	0.140	0.14	1369.62	379.48	5.05
ضریب تغییرات CV (%)	-	7.3	12.3	6.8	5.8	8.7	6.5	13.2	5.9

ns, *, **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد است.

ns, * and **: Non significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین ارتفاع بوته در بین الگوهای مختلف کشت نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۵۴/۲۷ سانتی‌متر) از کشت خالص بزرک و کمترین مقدار آن (۴۱/۴۸ سانتی‌متر) از کشت مخلوط با نسبت سه ردیف باقلا و سه ردیف بزرک به‌دست آمد، ولی بین کشت مخلوط یک ردیف بزرک و یک ردیف باقلا با کشت مخلوط سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد بزرک در الگوهای مختلف کشت مخلوط با باقلا

Table 3- Means comparison of yield and yield components of linseed in intercropping different patterns with faba bean

الگوی کشت Cropping patterns	ارتفاع Height (cm)	تعداد شاخه‌های جانبی No. of lateral branch	تعداد کپسول در بوته No. of capsule per plant	تعداد دانه در کپسول No. of seed per capsule	وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Seed yield ($t.ha^{-1}$)	درصد روغن Oil percentage (%)
کشت خالص Monocropping	54.27 a	6.26 a	71.85 a	7.62 a	4.83 a	7.153 a	2.230 a	34.00 b
کشت مخلوط ۱:۱ Intercropping 1:1	43.40 c	4.67 bc	53.92 c	5.63 c	4.18 b	5.117 bc	1.130 b	41.00 a
کشت مخلوط ۲:۲ Intercropping 2:2	48.37 b	4.12 b	62.85 b	6.54 b	4.40 b	5.567 b	1.540 b	42.01 a
کشت مخلوط ۳: ۳ Intercropping 3:3	41.48 c	3.53 c	42.30 d	5.80 c	4.25 b	4.992 c	1.040 c	35.01 b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند

In each column, means followed by the same letter (s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

افزایش ارتفاع بارزترین تغییر ناشی از رشد در اغلب گیاهان است که می‌تواند از نظر رقابت با سایر گیاهان در یک جامعه گیاهی مزیت محسوب شود. این خصوصیت کارآمدترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر فرآیند فتوسنتز قرار می‌دهد (Strichland *et al*., 2015). در کشت مخلوط ارتفاع بوته روی رقابت نوری مؤثر است. از آنجایی که باقلا نسبت به بزرک داری ارتفاع و زیست‌توده بیشتری است، به‌نظر می‌رسد که بزرک در کشت مخلوط فشار رقابتی بیشتری را متحمل شده و محدودیت تولید مواد فتوسنتزی باعث کاهش رشد رویشی و در نتیجه ارتفاع آن شده است (Rezaei- Chiyaneh *et al*., 2015). در کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) مشخص شد که ارتفاع گیاهان در کشت مخلوط به دلیل رقابت برون گونه‌ای کاهش می‌یابد که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد (Koocheki *et al*., 2014).

بین تیمارهای کودی مورد استفاده از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین ارتفاع بوته (۵۱/۲۷ سانتی‌متر) در نتیجه مصرف کودهای زیستی و کمترین ارتفاع بوته (۴۱/۸۳ سانتی‌متر) از عدم مصرف کود به‌دست آمد (جدول ۴). تیمار کودی نسبت به شاهد باعث افزایش ۱۸/۴۱ درصدی ارتفاع بوته گردید.

در تحقیق حاضر کاربرد تلفیقی قارچ میکوریزا به همراه کاربرد باکترهای تأمین‌کننده عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته است و منجر به افزایش ارتفاع گیاه گردید. همچنین، این امر می‌تواند مربوط به تولید و ترشح ترکیبات تحریک‌کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد از جمله اکسین باشد. بیژنی و همکاران (Bijani *et al*., 2015) در مطالعه‌ای، اظهار داشتند که کاربرد کود زیستی نیتروکسین (حاوی باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن شامل *ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم*) ارتفاع بوته کنجد را به‌طور قابل توجهی افزایش داد.

تعداد شاخه‌های جانبی

بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی در کشت خالص بزرک (۶/۲۶ عدد) و کمترین آن در کشت مخلوط سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا (۳/۵۳ عدد) حاصل شد (جدول ۳). در کشت خالص، به‌دلیل عدم رقابت برون‌گونه‌ای و نیز وجود فضای بیشتر برای توسعه انشعابات بوته، گیاهان با استفاده از منابع موجود مقدار بیشتری شاخه فرعی

تولید می‌نمایند. طویل شدن ساقه در محیط‌های سایه‌دار به تأثیر نسبت نور قرمز به قرمز دور مربوط می‌شود و با کاهش این نسبت ارتفاع بوته افزایش می‌یابد و از تعداد شاخه‌های فرعی کاسته می‌شود. این امکان وجود دارد که افزایش ارتفاع بوته و کاهش تشکیل شاخه‌های فرعی تحت تأثیر نسبت پایین نور قرمز به قرمز دور، علامت هشداردهنده‌ای در آستانه رقابت برای نور باشد (Weisanny *et al*., 2016). امینی فر و همکاران (Aminifar *et al*., 2017) در کشت مخلوط کنجد و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) اظهار داشتند که در آرایش‌های کاشتی که در آنها گیاه از فضای بیشتری برخوردار می‌باشد، گیاه با دریافت نور بیشتر جهت افزایش تعداد شاخه‌های جانبی بیشتر تحریک می‌شود، اما در آرایش کاشت فشرده‌تر به دلیل نبود نور کافی تحریک لازم جهت شاخه‌دهی صورت نمی‌گیرد و درنتیجه تعداد شاخه‌های جانبی آن کاهش پیدا می‌کند. محققان دیگری در کشت مخلوط آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) و شنبلیله گزارش کردند که تعداد شاخه‌های جانبی هر دو گیاه در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود (Mardani *et al*., 2015).

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد بزرک تحت تاثیر کاربرد کود زیستی

Table 4- Means comparison of yield and yield components of linseed affected by biofertilizer application

تیمار کودی Fertilizer treatment	ارتفاع بوته Height (cm)	تعداد شاخه‌های جانبی No. of lateral branch	تعداد کپسول در بوته No. of per capsule plant	تعداد دانه در کپسول No. of seed per capsule	وزن هزار دانه seed-1000 weight (g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (t.ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (t.ha^{-1})	درصد روغن Oil percentage (%)
عدم مصرف کود No use Biofertilizer	41.83 b	3.72 b	51.54 b	5.83 b	3.89 b	5.440 b	1.130 b	36.01 b
کود زیستی Fertilizer	51.92 a	5.55 a	63.91 a	6.96 a	4.96 a	5.970 a	1.840 a	40.04 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column means, followed by by the same letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

تعداد شاخه‌های فرعی درنتیجه کاربرد کود زیستی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی (۵/۵۵ عدد) مربوط به تیمار کود زیستی و کمترین آن (۳/۷۲ عدد) نیز مربوط به به عدم استفاده از کاربرد کود زیستی بود (جدول ۴). تحقیقات نشان داده است که استفاده از ریزو باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش جوانه‌زنی، جذب عناصر، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه، گره‌بندی، زیست‌توده کل و عملکرد گیاه در مقایسه با شاهد می‌شود (Rudresh *et al*., 2005). در تحقیقی دیگر مشخص شد که کاربرد کود زیستی نیتروکسین به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی منجر به افزایش تعداد شاخه فرعی کنجد شد (Bijani *et al*., 2015).

تعداد کپسول در بوته

بیشترین تعداد کپسول در بوته (۷۱/۵۸ عدد) از کشت خالص بزرک و کمترین تعداد کپسول در بوته از نسبت سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا (۴۲/۳۰ عدد) به‌دست آمد؛ به‌طوری که تعداد کپسول در بوته به میزان ۴۰/۹۰ درصد نسبت به کشت خالص کاهش یافت. همچنین، بین کشت مخلوط یک ردیف بزرک و یک ردیف باقلا با کشت مخلوط دو ردیف بزرک و دو ردیف باقلا اختلاف معنی‌داری نیز از نظر تعداد کپسول وجود داشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد در تحقیق حاضر بزرک به علت رقابت با باقلا با محدودیت عناصر غذایی مواجه شده و قادر به افزایش تعداد کپسول نبوده است. تعداد کپسول در گیاه یکی از اجزای مهم عملکرد می‌باشد، چرا که دربرگیرنده تعداد دانه نیز می‌باشد. بنابراین، تعداد کپسول بیشتر در کشت خالص و به تبع آن افزایش تعداد دانه در بوته بزرک می‌تواند منجر به افزایش عملکرد این گیاه در کشت خالص نسبت به مخلوط شود. علی و همکاران (Ali *et al*., 2000) گزارش کردند که کشت مخلوط کلزا با گندم موجب کاهش تعداد خورجین کلزا در بوته در کشت مخلوط شد. قلعه نویی و همکاران (Ghale Noyee *et al*., 2017) در کشت مخلوط کنجد و لوبیا گزارش کردند که تعداد کپسول کنجد (*Sesamum indicum* L.) در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود، آنها علت این افزایش را عدم رقابت درون گونه‌ای در کشت خالص بیان کردند.

تیمار کود زیستی بیشترین تعداد کپسول (۶۳/۹۱ عدد) و عدم مصرف کود زیستی کمترین (۵۱/۵۴ عدد) تعداد کپسول در بوته را دارا بودند (جدول ۴). از آنجایی که عناصر غذایی همچون نیتروژن، فسفر و پتاسیم به همراه عناصر کم مصرف در فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کنند. دسترسی بهتر و بیشتر

گیاهان به این عناصر، سبب بهبود رشد، افزایش فتوسنتز و تولیدات مواد فتوسنتزی گشته و می‌تواند از این طریق موجب بهبود اجزای عملکرد گردد (Leithy *et al*., 2006). به‌نظر می‌رسد که یک حالت همزیستی چند جانبه بین بزرک، قارچ میکوریزا و ریزوباکترهای محرک رشد از جمله باکتری ریزوبیوم وجود دارد؛ به‌طوری که قارچ میکوریزا با افزایش سطح جذب مواد غذایی از جمله فسفر برای ریشه گیاه و باکتری با چسبیدن به سطح هیف‌های قارچ میکوریزا و در نهایت نفوذ به داخل ریشه گیاه، می‌تواند در تشکیل تعداد گره اثر مثبتی داشته و از آن‌جای که تشکیل گره بر روی ریشه نیاز شدیدی به فسفر دارد، مهیا بودن فسفر و جذب فسفر نامحلول خاک توسط میکوریزا نیاز گیاه تأمین‌شده و فتوسنتز افزایش یافته در نهایت بر عملکرد که تعداد کپسول هم از اجزای مهم عملکرد می‌باشد افزایش می‌دهد (Seyed sharifi and Namvar, 2015).

تعداد دانه در کپسول

الگوهای مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در کپسول داشتند؛ به‌طوری‌که کشت خالص بیشترین تعداد دانه در کپسول (۷/۶۲ عدد) و کشت مخلوط یک ردیف بزرک و یک ردیف باقلا کمترین تعداد دانه در کپسول (۵/۶۳ عدد) را داشتند. از نظر این صفت کشت مخلوط دو ردیف بزرک و دو ردیف باقلا با نسبت سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۳). تعداد دانه درکپسول، در حقیقت ظرفیت مخزن گیاه را تعیین می‌کند و هرچه تعداد دانه بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگتری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و در نهایت افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد (Rezaei-Chiyaneh and Gholinezhad, 2015). در کشت مخلوط کنجد و لوبیا قرمز (*Phaseolus calcaratus* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) مشخص شد که تعداد دانه در کپسول کنجد و تعداد نیام لوبیا در کشت مخلوط کاهش یافت و دلیل آن را سایه‌اندازی آفتابگردان بر روی دو گیاه و رقابت بر سر آب، نور و عناصر غذایی بیان کردند که موجب کاهش فتوسنتز و کاهش اجزای عملکرد می‌شود (Koocheki *et al*., 2016).

تیمار کاربرد کود زیستی بیشترین تعداد دانه در غلاف (۶/۹۶ عدد) و عدم مصرف کود کمترین تعداد دانه (۵/۸۳ عدد) در کپسول را دارا بودند (جدول ۴). به‌طوری که تیمار کودی در مقایسه با شاهد تعداد دانه در کپسول را به میزان ۱۶/۲۳ درصد افزایش داد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی می‌تواند باعث افزایش رشد سبزینه، تعداد گل، تعداد کپسول و در نهایت افزایش تعداد دانه در کپسول شود. علت این برتری به فرآیندهای متابولیکی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، حل‌کننده فسفات، آزادکننده پتاسیم، اکسیدکننده گوگرد به‌همراه قارچ میکوریزا در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، فراهمی عناصر اصلی غذایی، تولید هورمون‌های محرک و تنظیم‌کننده‌ی رشد و نهایتاً بهبود عملکرد و اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در کپسول مربوط باشد (Jahan and Nasiri Mahallati, 2012). بنابراین حضور قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌ها در کنار هم، حالت مکملی در افزایش آزادسازی عناصر و سپس جذب و انتقال آن به گیاه نقش ایفا کرده‌اند (Seyed Sharifi and Namvar, 2015).

وزن هزار دانه

بیشترین وزن هزاردانه در کشت خالص بزرک با میانگین ۴/۸۳ گرم و کمترین آن در کشت مخلوط یک ردیف بزرک و یک ردیف باقلا با میانگین ۴/۱۸ گرم مشاهده شد. هرچند اختلاف معنی‌داری از نظر وزن هزار دانه بین الگوهای مختلف کشت مخلوط وجود نداشت (جدول ۳). وزن دانه تابع توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده برای مخزن‌ها و شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه می‌باشد. دلیل کاهش وزن هزار دانه در کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص به دلیل وجود رقابت برون گونه‌ای و تولید آسیمیلاسیون کمتر بوده است که با نتایج پورامیر و همکاران (Pooramir *et al*., 2010) درکشت مخلوط نخود (*Cicer arietinum* L.) و کنجد و توسلی و همکاران (Tavassoli *et al*., 2010) در کشت مخلوط ارزن (*Panicum miliaceum* L.) و لوبیا مطابقت دارد.

وزن هزار دانه در تیمار مصرف کود زیستی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. بیشترین وزن هزار دانه (۴/۹۶ گرم) به تیمار کود زیستی و کمترین آن (۳/۸۹ گرم) به عدم کاربرد کود زیستی مربوط بود (جدول ۴). به‌طوری که؛ تیمار کودی توانست نسبت به شاهد وزن هزار دانه را به‌میزان ۲۱/۵۷ درصد افزایش دهد. دلیل اصلی این افزایش به نقش باکتری‌ها و قارچ میکوریزا مربوط می‌شود که توانستند از طریق انحلال مواد معدنی و تجزیه مواد آلی خاک و فراهمی عناصر اصلی غذایی در محیط ریشه گیاه، باعث افزایش کارآیی جذب عناصر غذایی از خاک گردند (Khaki Najafabadi *et al*., 2017). باکتری‌ها با قارچ میکوریزا همکاری و رابطه نزدیکی دارند در جذب و فراهمی عناصر می‌تواند نقش اساسی ایفا کند و نقش بیشتری در رشد گیاه نشان دهند (Jahan and Nassiri Mahallati, 2012). خرم دل و همکاران (Khorramdel *et al*., 2010) با بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) اظهار داشتند که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ترکیبی *آزوسپیریلیوم* و میکوریزا به‌دست آمد.

عملکرد دانه و بیولوژیک

الگوهای مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و بیولوژیک

داشتند. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از کشت خالص به‌ترتیب ۲/۲۳۰ تن در هکتار و ۷/۱۵۳ تن در هکتار و کمترین مقادیر عملکرد دانه و بیولوژیک از الگوی کشت مخلوط سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا به‌ترتیب برابر با ۱/۰۴۰ تن در هکتار و ۴/۹۹۲ تن در هکتار حاصل شد (جدول ۳). هرچند اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه و بیولوژیک بین کشت مخلوط دو ردیف بزرک و دو ردیف باقلا و کشت مخلوط یک ردیف بزرک و یک ردیف باقلا وجود نداشت. افزایش رقابت در تیمارهای کشت مخلوط و کاهش دسترسی به منابع مورد نیاز سبب کاهش عملکرد نسبت به کشت خالص می‌شود. بررسی‌های مختلف نشان داده است که در صورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در کشت مخلوط جذب آب، مواد غذایی و نور به‌دلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان مختلف افزایش می‌یابد که در این حالت تخصیص منابع و توزیع آنها بین گونه‌ها با کارآیی بیشتری صورت گرفته و این امر به بهبود رشد و فتوسنتز و به‌تبع آن افزایش عملکرد اقتصادی منجر می‌شود (Franco *et al*., 2015). به‌نظر می‌رسد که در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط به‌دلیل کاهش فشار رقابت بین‌گونه‌ای در کشت مخلوط ردیفی ۲: ۲ کارایی و بهره‌برداری از منابع محیطی بهبودیافته و منجر به افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی باقلا شده است، اما در کشت مخلوط ردیفی ۳:۳ با افزایش تعداد ردیف‌های کاشت به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه، عملکرد دانه و بیولوژیک کاهش پیدا کرد. کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2014) در بررسی کشت مخلوط گندم و کلزا دریافتند که بیشترین مقادیر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کلزا در کشت خالص به‌دست آمد. قلعه نویی و همکاران (Ghale Noyee *et al*., 2017) در کشت مخلوط کنجد و لوبیا، بالا بودن عملکرد دانه کنجد در کشت خالص را بیشتر از مخلوط گزارش کرده‌اند که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

نتایج تیمار کودی نشان داد که کمترین مقادیر عملکرد دانه (۱/۱۳۰ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۵/۴۴۰ تن در هکتار) در شرایط عدم کاربرد کود زیستی و بیشترین میزان عملکرد دانه (۱/۸۴۰ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۵/۹۷۰ تن در هکتار) در تیمار کود زیستی حاصل شد (جدول ۴). به‌طوری که تیمار کودی در مقایسه با شاهد عملکرد دانه را ۳۸/۵۸ درصد افزایش داد. تأمین فسفر نیز یکی از مهمترین عوامل تولید محصول با کیفیت و کمیت بالا می‌باشد. مصرف فسفر غیر از تأثیر در مراحل توسعه ریشه و شاخه‌زایی، در مراحل زایشی و پر شدن دانه نیز بسیار مؤثر است. محققان دیگری اظهار داشتند که اثر کود نانو اکسید روی در تلقیح توام بذر با باکتری‌های محرک رشدی و ریزوبیوم منجر به افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شد چراکه باکتری‌های افزاینده رشد به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آنها، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند (Toosi *et al*., 2011).

برخی محققین معتقدند که میکوریزا باعث افزایش سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاه میزبان می‌شود و دلیل این امر را افزایش غلظت نیتروژن برگ و به تبع آن افزایش مقدار کلروفیل سیستم فتوسنتزی و افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند نیترات ریداکتاز، نیتروژناز و گلوتامین سینتتاز در گیاه میزبان می‌دانند (Seyed Sharifi and Namvar, 2015). محققان بر این باورند که میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات به همراه سایر ریزو باکترهای محرک رشد، از طریق تولید هورمون‌های گیاهی همانند ایندول استیک اسید سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند، به این ترتیب مراحل اولیه رشد گیاهی را تحت تاثیر قرار می‌دهند و ریشه حجم بیشتری از خاک را اشغال می‌کند و سطح جذب عناصر غذایی بالا می‌رود. همچنین، تلقیح با میکوریزا علاوه براینکه باعث افزایش مقادیر سیتوکنین و کلروفیل در گیاهان می‌شود، گیاه میزبان عناصر غذایی و آب بیشتری نیز از خاک جذب می‌نمایند و در نهایت رشد گیاه افزایش و به دنبال آن عملکرد گیاهان بهبود می‌یابد (Jahan and Nassiri Mahallati, 2012; Seyed Sharifi and Khoramdel, 2016).

درصد روغن

درصد روغن در کشت خالص متفاوت از تیمارهای کشت مخلوط به‌دست آمد، به‌طوری که درصد روغن در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. کمترین میزان روغن در کشت خالص بزرک (۳۴ درصد) و بیشترین میزان آن در کشت مخلوط ۲ ردیف باقلا و ۲ ردیف بزرک (۴۲/۰۶۵ درصد) حاصل شد که با نسبت کشت مخلوط ۱ ردیف بزرک و ۱ ردیف باقلا اختلاف معنی‌داری از نظر درصد روغن وجود نداشت (جدول ۳). در این تحقیق کشت مخلوط باعث افزایش ۱۹/۱۷ درصدی محتوی روغن نسبت به کشت خالص شده است. از آنجا که هر عاملی که باعث افزایش فتوسنتز گیاهی گردد، می‌تواند باعث بالا رفتن درصد روغن نیز شود، لذا چنین به‌نظر می‌رسد که دلیل افزایش درصد روغن در کشت مخلوط به خاطر توانایی گیاه در استفاده بهینه از منابع محیطی بوده که باعث بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش میزان روغن در مقایسه با کشت خالص شده است. اشغال نیچ‌های موجود به صورت مطلوب، توزیع بهتر ریشه گیاهان در پروفیل خاک، افزایش توان جذب عناصرغذایی توسط گیاه، افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و کاهش میزان تلفات عناصر غذایی در کشت مخلوط موجب بهبود کارایی جذب عناصر غذایی می‌گردد (Koocheki *et al*., 2017) که توانسته فتوسنتز گیاه را بهبود داده و محتوی روغن را افزایش دهد. محققان دیگری در کشت مخلوط آفتابگردان و باقلا (Rezaei-Chiyaneh *et al*, 2015) و بزرک و لوبیا چیتی (Rezaei-Chiyaneh *et al*, 2016)

درصد روغن آفتابگردان و بزرک را در تمامی الگوهای کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص گزارش کردند.

تیمار کودی در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌دار درصد روغن را افزایش دادند؛ به‌طوری که تیمار کود زیستی بیشترین درصد روغن (۴۰/۴۰ درصد) و عدم مصرف کود کمترین درصد روغن (۳۶/۱۲ درصد) را دارا بودند (جدول ۴). در این مطالعه تیمار کودی در مقایسه با شاهد درصد روغن را تا ۱۶/۲۳ درصد افزایش داد. به‌نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر عناصر غذایی با رفع به‌موقع نیاز گیاه باعث افزایش درصد روغن شده است. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2014) گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی همراه با میکوریزا باعث افزایش درصد روغن کنجد شد.

خصوصیات رشدی، اجزای عملکرد و عملکرد باقلا

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر الگوی کاشت بر کلیه صفات مورد بررسی گیاه باقلا شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، طول نیام، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بود. کود زیستی نیز به‌جز ارتفاع بوته بر سایر صفات مورد بررسی اثر معنی‌دار داشت، اما اثر متقابل بین الگوی کاشت و کود زیستی بر هیچ‌یک از صفات مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کود زیستی و کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد باقلا

Table 5- Analysis of variance of the effect of biofertilizer and intercropping on yield and yield components of faba bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع Height	تعداد شاخه‌های جانبی No. of lateral branch	طول نیام Pod length	تعداد نیام در بوته No. of seed per pod	تعداد دانه در نیام No. of seed per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	32.70 n.s	0.582 **	0.722 n.s	1.59 **	0.150 n.s	75.54 n.s	9010.16 *	473859.29 n.s
الگوی کشت Planting pattern	3	332.96 **	1.49 **	7.68 **	6.58 **	1.42 *	8859.72 n.s	97856.81 **	2947102.27**
کود زیستی Biofertilizer	1	0.80 n.s	0.570 **	6.60 *	4.25 **	2.87 **	34504.16 **	27270.05 **	9938214.01**
الگوی کشت × کود P × B	3	9.69 n.s	0.152 n.s	0.357 n.s	0.054 n.s	0.742 n.s	1381.94 n.s	19160.05 n.s	3223.44 n.s
خطا Error	14	16.42	0.053	1.37	0.165	0.311	3325.59	2239.14	177051.72
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.8	6.0	15.2	7.6	13.5	6.9	9.2	12.0

ns, *, **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد است.

ns, * and **: non significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین ارتفاع بوته در بین الگوهای مختلف کشت نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۷۸/۵۰ سانتی‌متر) از کشت خالص باقلا و کمترین میزان آن (۶۱/۳۰ سانتی‌متر) از کشت مخلوط با نسبت ۱ ردیف بزرک + ۱ ردیف باقلا به‌دست آمد. به نظر می‌رسد که باقلا در کشت مخلوط ۱:۱ فشار رقابتی بیشتری را متحمل شده و به‌دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی باعث کاهش رشد رویشی و در نتیجه کاهش ارتفاع آن شده است (جدول ۶). ابوحسین و همکاران (Abou-Hussein *et al.*, 2013) یکی از دلایل کاهش ارتفاع بوته گیاهان را در مخلوط با لگوم‌ها را به خاطر رقابت برای جذب نیتروژن توسط گونه غیر لگوم نسبت دادند. در کشت مخلوط نخود و سیاهدانه گزارش شده است که ارتفاع بوته نخود در کشت مخلوط به‌دلیل رقابت بین بوته‌ها بر سر آب، مواد غذایی و فضای زیستی سبب کاهش جذب نور و کاهش رشد و فتوسنتز نخود شده و به دنبال آن ارتفاع آن را در کشت مخلوط کاهش داده است که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد (Rezaei-Chiyaneh and Gholinezhad, 2015).

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد باقلا در الگوهای مختلف کشت مخلوط با بزرک

Table 6- Means comparison of yield and yield components of faba bean in intercropping different patterns with linseed

الگوی کشت Cropping pattern	ارتفاع Height (cm)	تعداد شاخه‌های جانبی No. of lateral branch	طول نیام Pod length (cm)	تعداد نیام در بوته No. of pod per plant	تعداد دانه در نیام No. of seed per pod	عملکرد بیولوژیک Biological yield (t.ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (t.ha^{-1})
کشت خالص Monocropping	78.50 a	4.51 a	8.82 a	6.61 a	4.82 a	13.300 a	4.280 a
کشت مخلوط ۱:۱ Intercropping 1:1	61.30 d	3.35 c	6.43 c	4.10 c	3.77 b	10.240 c	2.590 c
کشت مخلوط ۲:۲ Intercropping 2:2	72.53 b	3.91 b	8.50 ab	5.61 b	4.13 ab	11.860 b	3.650 b
کشت مخلوط ۳:۳ Intercropping 3:3	66.47 c	3.63 bc	7.12 bc	5.11 b	3.80 b	11.290 b	3.410 b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

تعداد شاخه‌های جانبی

بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی در کشت خالص باقلا با ۴/۵۱ عدد و کمترین آن در کشت مخلوط با نسبت یک ردیف بزرک + یک ردیف باقلا با ۳/۳۵ عدد حاصل شد، اما از نظر تعداد شاخه‌های جانبی بین کشت مخلوط دو ردیف بزرک و دو ردیف باقلا و کشت مخلوط سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا اختلاف معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۶). در کشت مخلوط به‌علت رقابت برون‌گونه‌ای از تعداد شاخه‌های جانبی به‌خصوص در الگوی ۱:۱ کاسته شد، اما به دلیل کمتر بودن رقابت درون گونه‌ای و نیز وجود فضای بیشتر برای توسعه انشعابات بوته در کشت خالص، گیاهان با استفاده از منابع موجود مقدار بیشتری شاخه فرعی تولید کردند.

طبق جدول ۴، بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی (۴ عدد) در تیمار کود زیستی و کمترین آن (۳/۷ عدد) مربوط به عدم مصرف کود زیستی بود (جدول ۷). اثرات هم‌افزایی متقابل باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، حل‌کننده فسفات، آزادکننده پتاسیم و اکسیدکننده گوگرد به همراه قارچ میکوریزا از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، افزایش حلالیت فسفات غیرمتحرک و کاهش pH خاک و تولید انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد از جمله اکسین و جیبرلین، جذب عناصر غذایی را تحریک می‌کنند و با تأثیر بر فرآیندهای فتوسنتزی سبب بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد می‌شوند (Seyed sharifi and Namvar, 2015). در تحقیقی دیگری که روی لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.) انجام شد، بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی در کاربرد کود زیستی حاوی باکتری *آزوسپریلیوم* در ترکیب با *سودوموناس* به‌دست آمد (Karimi *et al*., 2013).

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد باقلا تحت تاثیر کاربرد کود زیستی

Table 7- Means comparison of yield and yield components of faba bean affected by biofertilizer application

تیمار کودی Fertilizer treatment	تعداد شاخه‌های جانبی No. of lateral branch per plant	طول نیام Pod length (cm)	تعداد نیام در بوته No. of pod per plant	تعداد دانه در نیام No. of seed per pod	وزن هزار دانه 1000- seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (t.ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (t.ha^{-1})
عدم مصرف کود No fertilizer	3.70 b	7.19 b	4.94 b	3.78 b	792.50 b	11. 340 b	2.840 b
کود زیستی Biofertilizer	4.00 a	8.24 a	5.78 a	4.48 a	868.30 a	12.010 a	4.120 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

طول نیام

بیشترین طول نیام در کشت خالص باقلا (۸/۸۲ سانتی‌متر) و کمترین آن در کشت مخلوط یک ردیف بزرک و یک ردیف باقلا (۶/۴۳ سانتی‌متر) حاصل شد، ولی اختلاف طول نیام بین کشت مخلوط دو ردیف بزرک و دو ردیف باقلا با کشت مخلوط سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا معنی‌دار نبود (جدول ۶). این کاهش طول نیام را در کشت مخلوط می‌توان به‌دلیل افزایش رقابت بین‌گونه‌ای بر سر منابع محیطی ذکر کرد. محققان دیگری در کشت مخلوط لوبیا و کنجد گزارش کردند که بیشترین طول نیام لوبیا مربوط به کشت خالص بود (Ghale Noyee *et al*., 2017).

بیشترین طول نیام (۸/۲۴ سانتی‌متر) به تیمار کود زیستی و کمترین آن نیز (۷/۱۹ سانتی‌متر) مربوط به عدم مصرف کود زیستی بود (جدول ۷). کریمی و همکاران (Karimi *et al*., 2013) در تحقیق خود نشان دادند که طول نیام لوبیا سبز در تیمار کود زیستی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. بدیهی است هرچه موادغذایی برای گیاه فراهم شود، پارامترهای عملکرد از جمله طول نیام افزایش خواهد یافت. میکوریزا با گسترش هیف‌های خود و نفوذ در منافذ زیر خاک موجب جذب مقدار زیادی آب و عناصر غذایی می‌شود. ازجمله جذب فسفر راحت صورت می‌گیرد، فسفر موجب بهبود گره‌بندی و افزایش کارایی تثبیت نیتروژن در گیاه می‌شود. از طرف دیگر، ریزوباکتری‌های تحریک‌کنندهٔ رشد گیاه نیز با افزایش دسترسی گیاه به عناصر مغذی مهمی چون نیتروژن و فسفر و افزایش رشد ریشه با تأثیر روی فرآیندهای فتوسنتزی منجر به افزایش پارامترهای عملکرد می‌شود (Rudresh *et al*., 2005).

تعداد نیام

بیشترین و کمترین تعداد نیام در بوته به‌ترتیب در کشت خالص (۶/۶۱ عدد) و کشت مخلوط یک ردیف باقلا و یک ردیف بزرک (۴/۱۰ عدد) به‌دست آمد. بین کشت مخلوط دو ردیف بزرک و دو ردیف باقلا و کشت مخلوط سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد نیام وجود نداشت (جدول ۶). بررسی‌های مختلف نشان داده است که در صورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در کشت مخلوط، جذب آب و مواد غذایی به دلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان مختلف افزایش می‌یابد (Hauggaard-Nielsen *et al*., 2009). بنابراین به نظر می‌رسد که در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط کشت مخلوط دو ردیف بزرک و دو ردیف باقلا دارای رقابت بین‌گونه‌ای کمتری در مقایسه با رقابت درون‌گونه‌ای بوده و باعث شده است تا گیاهان همراه در این الگو برای نیچ‌های اکولوژیکی یکسان رقابت بالای نداشته باشند که این امر در نهایت منجر به افزایش رشد و عملکرد در این شرایط می‌گردد. نیام‌ها در برگیرنده دانه‌ها بوده و از طرفی تولیدکننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه‌ها هم می‌باشند (Amani Machiani *et al*., 2017). دیواره نیام‌ها به‌عنوان مقصد موقت، با ذخیره مواد فتوسنتزی و سپس انتقال آنها به دانه‌ها، تا حدودی در عملکرد دانه گیاه مشارکت دارند. رضوانی مقدم و مرادی (Rezvani Moghadam and Moradi, 2012) در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله و مردانی و همکاران (Mardani *et al*., 2015) در کشت مخلوط شنبلیله و آنیسون دریافتند که تعداد نیام در بوته شنبلیله در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد.

تیمار کودی بیشترین نیام (۵/۷۸ عدد) و عدم مصرف کود کمترین تعداد نیام (۴/۹۴ عدد) در بوته را تولید کردند (جدول ۷). وجود ریزجانداران ناشی از کاربرد کودهای زیستی از جمله تیوباسیلوس که از فعال‌ترین و موثرترین میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده گوگرد می‌باشد که علاوه بر کاهش اسیدیته خاک و فراهم نمودن شرایط مناسب جذب فسفر و عناصر کم مصرف (آهن، منگنز، روی و مس)، با تولید اسید سولفوریک موجب بهبود وضعیت تغذیه گیاه می‌گردد. از طرف دیگر، اثرات هم‌افزایی متقابل باکتری‌ها و قارچ میکوریزا بر روی یکدیگر نیز عامل دیگری برای افزایش دسترسی گیاه باقلا به آب و مواد غذایی شده و از این طریق، افزایش میزان تولید نیام در گیاه باقلا گردیده است. نتایج حاصل از آزمایش کشت مخلوط ذرت و خلر نشان داد که تعداد نیام در بوته خلر با مصرف کودهای زیستی فسفر بارور ۲ و کود شیمیایی فسفر نسبت به عدم کاربرد کود به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Naghizade *et al*., 2013).

تعداد دانه در نیام

کشت خالص با میانگین ۴/۸۲ عدد بیشترین تعداد دانه در نیام و کشت مخلوط یک ردیف باقلا و یک ردیف بزرک با میانگین ۳/۷۷ عدد کمترین تعداد دانه در نیام را داشتند؛ به‌طوری که تعداد دانه در نیام در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط ۲۱/۷۸ درصد بالاتر بود (جدول ۶). چنین به نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر رقابت برون‌گونه‌ای در کشت مخلوط بر روی تعداد دانه در نیام اثر گذاشته و از تعداد دانه در واحد سطح کاسته شد. رضائی چیانه و همکاران (Rezaei- Chiyaneh *et al*., 2015) مطالعه‌ای که در کشت مخلوط شنبلیله و زنیان (*Carum copticum* L.) تحت تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی داشتند، گزارش کردند که بیشترین تعداد دانه در نیام شنبلیله مربوط به کشت خالص بود. محققان دیگری نیز در کشت مخلوط ذرت و لوبیا نیز گزارش کردند که تعداد دانه لوبیا در کشت مخلوط به دلیل رقابت بر روی منابع محیطی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Koocheki *et al*., 2009).

بیشترین تعداد دانه در نیام (۴/۴۸ عدد) از تیمار کود زیستی و

عدم مصرف کود کمترین تعداد دانه در نیام (۳/۷۸ عدد) را دارا بودند؛ به‌طوری‌که تیمار کودی باعث افزایش ۱۵/۶۲ درصدی تعداد دانه در نیام نسبت به شاهد شد (جدول ۷). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن با قارچ‌های میکوریزا همکاری و رابطه نزدیکی دارند و در جذب و فراهمی عناصر غذایی نقش اساسی ایفا کرده و نقش بیشتری در رشد گیاه نشان می‌دهند. قارچ‌های میکوریزا با جذب عناصر معدنی خاک از جمله فسفر نامحلول خاک، جذب سایر عناصر از جمله نیتروژن را بهبود داده و در نهایت منجر به افزایش اجزای عملکرد دانه از جمله تعداد دانه در نیام می‌شوند.

وزن هزار دانه

طبق جدول ۶ بیشترین وزن هزار دانه در کشت خالص باقلا با ۱۱۵ گرم و کمترین آن در کشت مخلوط یک ردیف بزرک و یک ردیف باقلا با میانگین وزن دانه ۸۵/۵۰ گرم به‌دست آمد. بین کشت مخلوط دو ردیف بزرک و دو ردیف باقلا با کشت مخلوط سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا اختلاف معنی‌داری از نظر وزن هزار دانه مشاهده نشد. وزن دانه‌ها تابع توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده برای مخزن‌ها و همچنین شرایط محیطی از قبیل آب و عناصر غذایی در هنگام پر شدن دانه‌ها می‌باشد. به نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر در کشت خالص تعداد و سهم هر یک از این مخازن در دریافت مواد حاصل از فتوسنتز افزایش یافته و منجر به افزایش وزن هزار دانه نسبت به کشت مخلوط شده است. احمدوند و حاجی‌نیا (Ahmadvand and Hajinia., 2016) در کشت مخلوط سویا و ارزن معمولی گزارش کردند که وزن هزار دانه سویا در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط سویا بود که نتیجه این آزمایش را تأیید می‌کند.

همانطور که جدول ۷ ملاحظه می‌شود، وزن هزار دانه در تیمار کود زیستی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. بیشترین وزن هزار دانه (۱۰۳/۴۲ گرم) به تیمار کود زیستی و کمترین آن (۸۹/۰۸ گرم) مربوط به عدم استفاده از کود زیستی بود. کودهای زیستی از جمله ریزوباکترهای محرک رشد و قارچ‌های میکوریزا با توسعه ریشه، شرایط را برای جذب بهتر و بیشتر عناصر معدنی فراهم می‌کنند. همچنین با افزایش تعداد گره ریزوبیومی ریشه جذب و تثبیت نیتروژن را می‌افزاید. این امر به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌شود. مازاد مواد فتوسنتزی نیز قبل از گلدهی در ساقه ذخیره می‌گردد و پس از گلدهی و با نزدیک شدن به دوران رسیدگی، با انتقال مجدد این مواد به اندام زایشی (دانه‌ها) منتقل می‌شوند و منجر به افزایش وزن دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (Boomsma and Vyn, 2008). در تحقیق جهان و همکاران (Jahan *et al*., 2013) مشخص شد که استفاده از کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفر (حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات از جنس *سودوموناس* و *باسیلوس*) و بیوسولفور (حاوی باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد از جنس *تیوباسیلوس*) در گیاه کنجد موجب افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته نسبت به شاهد شد.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

الگوی کشت اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و بیولوژیک داشت (جدول ۵). بالاترین عملکرد دانه (۴/۲۸۰ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۳/۳۰۰ تن در هکتار) از کشت خالص باقلا و کمترین عملکرد دانه (۲/۵۹۰ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۰/۲۴۰ تن در هکتار) از کشت مخلوط یک ردیف بزرک و یک ردیف باقلا به‌دست آمد، ولی اختلاف عملکرد بین کشت مخلوط دو ردیف بزرک و دو ردیف باقلا با کشت مخلوط سه ردیف بزرک و سه ردیف باقلا معنی‌دار نبود (جدول ۶). چنین به نظر می‌رسد که در کشت خالص به دلیل عدم وجود رقابت بین گونه‌ها تمامی منابع موجود در اختیار باقلا قرار گرفته است. بنابراین تحت این شرایط هر بوته از منابع در دسترس بیشترین بهره‌برداری را کرده که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در واحد سطح باشد. کاهش عملکرد دانه باقلا در کشت مخلوط با نسبت ۱:۱ می‌تواند به دلیل افزایش رقابت بین بزرک با باقلا باشد که باعث کاهش رشد، کاهش تعداد نیام، کاهش تعداد دانه در نیام و وزن دانه می‌گردد. در واقع اجزای عملکرد این گیاه کاملاً تحت تاثیر الگوی کشت قرار گرفت و به موازات کاهش تعداد ردیف‌ها، رقابت بین گونه‌ای در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های دو گونه سبب کاهش عملکرد نهایی گردید.

توسلی و همکاران (Tavassoli *et al*., 2010) در مطالعه ارزن و لوبیا قرمز مشاهده کردند که عملکرد دانه لوبیا در کشت خالص بیشتر از کشت‌های مخلوط بود. رضایی چیانه (Rezaei- Chiyaneh, 2016) در تحقیقی که روی کشت مخلوط لوبیا چیتی و بزرک انجام داد به این نتیجه رسید که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا چیتی از کشت خالص به‌دست آمد. هیرپا (Hirpa, 2014) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، حمزه‌ئی و قمری رحیم (Hamzei and Ghamari Rahim, 2014) در کشت مخلوط ذرت و سویا (*Glycine max* L.)، مردانی و همکاران (Mardani *et al*., 2015) در کشت مخلوط شنبلیله و آنیسون و قلعه نویی و همکاران (Ghale Noyee *et al*., 2017) در کشت مخلوط کنجد و لوبیا نیز کاهش عملکرد حبوبات در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط را گزارش کرده‌اند. ظریف پور و همکاران (Zarifpouri *et al*., 2014) با بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و نخود مشاهده کردند که با جابه‌جایی از کشت خالص به سمت کشت مخلوط از عملکرد دانه نخود کاسته شد.

بین تیمارهای کودی مورد استفاده از نظر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکرد دانه (۴/۱۲۰ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۲/۰۱۰ تن در هکتار) از تیمار کود زیستی و کمترین عملکرد دانه (۲/۸۴۰ تن در هکتار) و کمترین عملکرد بیولوژیک (۱۱/۳۴۰ تن در هکتار) از تیمار عدم مصرف کود حاصل شد (جدول ۷). تیمار کودی نسبت به عدم مصرف کود زیستی عملکرد دانه را به میزان ۳۱ درصد افزایش داد. بسیاری از گزارشات حاکی از آن است که برقراری رابطه همزیستی میکوریزی با باکتری‌های ریزوبیوم شرایط را برای تشکیل گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن فراهم می‌سازد. بنابراین تعداد گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در گیاهان میکوریز بیشتر از گیاهانی است که با قارچ‌های میکوریزی تلقیح نشده‌اند. همچنین، گیاهان میکوریزی از سرعت فتوسنتز بیشتری برخوردار می‌باشند، لذا درصد بیشتری از مواد حاصل از فتوسنتز به ریشه‌ها و به گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن اختصاص می‌یابد که این خود کارایی تثبیت نیتروژن را در این گیاهان افزایش می‌دهد (Jahan and Nasiri Mahallati, 2012).

از طرف دیگر در گیاهان میکوریزای به‌دلیل جذب بیشتر فسفر و عناصر کم‌مصرف که همگی در فرآیند تثبیت نیتروژن مولکولی تاثیرگذار می‌باشند. این فرآیند با شدت و سرعت بیشتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی به انجام می‌رسد. بنابراین بهبود رشد گیاهان بقولات پس از برقراری رابطه همزیستی میکوریزی به افزایش تثبیت نیتروژن و بهبود جذب آن از خاک خصوصاً به فرم NH_4 نسبت داده شده است که همین امر موجب ذخیره بیشتر مواد غذایی در دانه شده و در نهایت عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد (Seyed sharifi and Namvar, 2015). از طرف دیگر، احتمالاً در تحقیق حاضر نیز استفاده از باکتری *تیوباسیلوس* به همراه سایر باکتری‌های محرک رشد از طریق کاهش اسیدیته خاک و فراهم نمودن شرایط مناسب جذب عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) موجب افزایش عملکرد این گیاه شدند (Jahan *et al.*, 2013). تانگ جیان و همکاران (Tong-Jian *et al.*, 2010) بیان داشتند که استفاده از قارچ میکوریزا در کشت مخلوط برنج و ماش مقدار بیوماس ماش را نسبت به تک‌کشتی و بدون تلقیح با قارچ میکوریزا افزایش داد. محققان دیگری در کشت مخلوط ذرت و خلر گزارش کردند که عملکرد دانه خلر در تیمار تلفیقی کود زیستی فسفر بارور 2 نسبت به عدم کاربرد کود به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Naghizade *et al.*, 2013). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel *et al.*, 2010) گزارش کردند که تلقیح با کودهای زیستی (نیتراژین، نیتروکسین و بیوفسفر) در گیاه کنجد سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد.

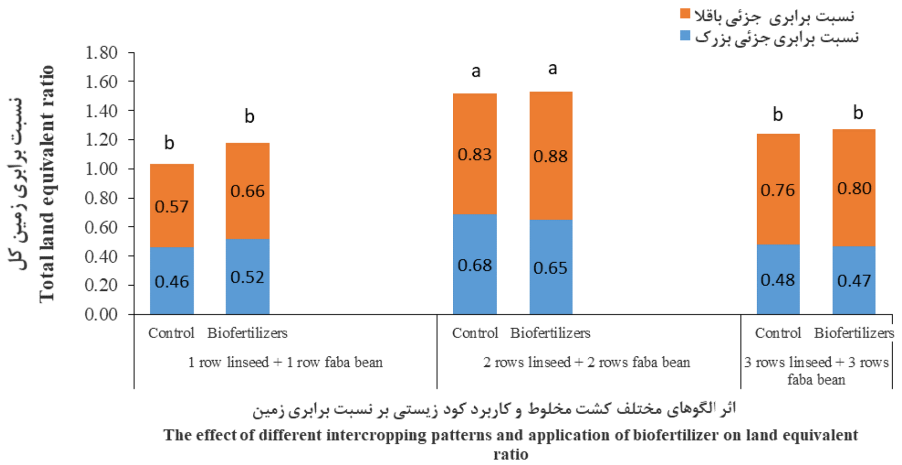
نسبت برابری زمین

بالاترین LER جزئی بزرک (۰/۶۸) و باقلا (۰/۸۸) به‌ترتیب از تیمار کشت مخلوط دو ردیف باقلا + دو ردیف بزرک در شرایط عدم کاربرد کود زیستی و کاربرد کود زیستی به‌دست آمد (شکل ۱). بین الگوهای مختلف کشت نسبت برابری زمین جزئی باقلا نسبت به بزرک بالاتر بود که می‌توان چنین استنباط نمود که باقلا گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با بزرک اثر مثبت پذیرفته است. بیشترین و کمترین نسبت برابری زمین کل به‌ترتیب از کشت مخلوط دو ردیف باقلا + دو ردیف بزرک (۱/۵۳) در شرایط کاربرد کود زیستی و کشت مخلوط یک ردیف باقلا + یک ردیف بزرک (۱/۰۳) در شرایط عدم کاربرد کود زیستی حاصل شد. با توجه به اینکه در تمامی تیمارهای آزمایش نسبت برابری زمین کل، بیشتر از عدد یک به‌دست آمد که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در این الگوهای کشت می‌باشد. بالا بودن نسبت برابری زمین از یک در کشت مخلوط می‌تواند ناشی از آرایش صحیح و استفاده مکمل از مواد مغذی و منابع آب و نور به‌وسیله اجزای کشت مخلوط و نیاز به ورودی‌های خارجی کمتر بیان نمود که این شرایط منجر به افزایش رشد و نمو دو گیاه بزرک و باقلا شده است. در همین راستا می‌توان ایجاد حالت تکمیل و تسهیل‌کنندگی در تسخیر منابع از طریق ساختار ریشه و فنولوژی، کارایی مصرف منابع را به‌عنوان یک توجیه عملی برای سودمندی کشت مخلوط مطرح نمود. نقش اختلافات مورفولوژیک در دستیابی به LER بالاتر توسط مردانی و همکاران (Mardani *et al*., 2015) در کشت مخلوط شنبلیله و آنیسون، قلعه نویی و همکاران (Ghale Noyee *et al*., 2017) در کشت مخلوط کنجد و لوبیا، هودیانی مهر و همکاران (Hodiani Mehr *et al*., 2016) در کشت مخلوط چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) و ماش (*Vigna radiate* L.) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد باقلا و بزرک تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط و کود زیستی قرار گرفت؛ به‌طوری که با افزایش تعداد ردیف‌های کاشت به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه، عملکرد دانه کاهش پیدا کرد. در تحقیق حاضر کاربرد کودهای زیستی نیز توانست عملکرد و برخی خصوصیات زراعی باقلا و بزرک را بهبود ببخشد. درصد روغن بزرک در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. در تیمارهای کشت مخلوط، باقلا گیاه غالب بود. حضور باقلا کنار بزرک در تیمارهای مختلف به احتمال زیاد به خاطر توانایی گیاه در استفاده بهینه از منابع محیطی موجب افزایش روغن بزرک گردید. بالاترین نسبت برابری زمین نیز در شرایط کاربرد کود زیستی در کشت مخلوط

دو ردیف بزرک + دو ردیف باقلا برابر با ۱/۵۳ به‌دست آمد که معادل ۵۳ درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود. بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی در کشت مخلوط یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب با حداقل مصرف نهاده‌های خارجی است که در بلندمدت می‌تواند منجر به کاهش نیاز سیستم‌های زراعی به نهاده‌های شیمیایی شود و در حفاظت زیست‌محیطی نیز سهیم باشد. به‌طور کلی، با توجه به اهداف کشاورزی پایدار با هدف حذف یا کاهش قابل‌ملاحظه مصرف نهاده‌های شیمیایی، تیمار کاربرد کود زیستی در کشت مخلوط دو ردیف بزرک + دو ردیف باقلا مناسب و در منطقه قابل توجیه است.



شکل ۱- نسبت برابری زمین جزئی و نسبت برابری زمین کل برای عملکرد دانه بزرک و باقلا در الگوهای مختلف کشت مخلوط تحت تاثیر کاربرد کود زیستی

Figure 1- Partial Land Equivalent Ratio and Land Equivalent Ratio (LER) for seed yields of linseed and faba bean in intercropping patterns affected by biofertilizer application

References

1. Abou- Hussein, S. D., Salman, S. R., Adel-Mawgoud, A. M. R., and Ghoname, A. A. 2005. Produtivity, quality and profit of sole or intercropping green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop. Journal of Agronomy 2: 151-155.
2. Ahmadvand, G., and Hajinia, S. 2016. Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7 (4): 485-498. (in Persian with English abstract).
3. Ali, Z., Asghar-Malik, M., and Akhtar-Cheema, M. 2000. Studies on determining a suitable canola-wheat intercropping pattern. International Journal of Agriculture and Biology 2: 42-44.
4. Amani Machiani, M., Javanmard, A., and Shekari, F. 2017. The effect of intercropping patterns on Peppermint (*Mentha piperita* L.) dry biomass yield and essential oil content and Faba Bean (*Vicia faba* L.) seed yield. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 27 (3): 45-62. (in Persian with English abstract).
5. Aminifar, J., Ramroudi, M., Galavi, M., and Mohsenabadi, Gh. R. 2017. Advantage of Sesame and Cowpea Intercrops in Different Fertilizer Application Systems. Journal of Crop Ecophysiology 10 (4): 1039-1054.
6. Bijani, M., Yadollahi, P., Asgharipour, M. R., Oleimani, S., and Latifi, M. 2015. Effects of nitrogen and biological fertilizer on yield, oil and protein content of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Oil Plants Production 1 (2): 67-78.
7. Boomsma, C. R. and Vyn, T. J. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. Iranian Journal Field Crops Research 108: 14-31.
8. Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Amini, R., and Tamar, E. 2015. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) and three cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping with application of biofertilizers and chemical fertilizers. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25 (1): 99-112. (in Persian with English abstract).
9. FAOSTS. 2016. World Agriculture Datam, http://www.fao.org/
10. Franco, J. G., King, S. R., Masabni, J. G., and Volder, A. 2015. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment 203: 1-10.

11. Ghale Noyee, Sh., Koocheki, A., Naseri Poor Yazdi, M. T., and Jahan, M. 2017. Effect of different treatments of mixed and row intercropping on yield and yield components of sesame and bean. Iranian Journal of Field Crops Research 15 (3): 588-602. (in Persian with English abstract).
12. Gharineh, M. H., and Enayat GHolizadeh, M. R. 2009. Crop Ecology. Islamic azad university Shoushtar branch. Pp 303.
13. Gliessman, S. R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in sustainable Agriculture. CRC press.
14. Hamzei, J., and Ghamari Rahim, N. 2014. Evaluation of corn-s--oybean intercropping advantages usinga gronomic and weed control efficiency indices. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 24 (3): 61-73. (in Persian with English abstract).
15. Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Dibet, P., Von Fragstein, A., Pristeri, M., Monti, E., and Jensen, A. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N2-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. Journal of Field Crops Research 113: 64-71.
16. Hirpa, T. 2014. Effect of intercrop row arrangement on maize and haricot bean productivity and the residual soil. World journal of Agricultural Sciences 4:69-077.
17. Hodiani mehr, A., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Asgharipoor, M. 2016. Effects of Tillage Systems on Changes of Soil Nutrients, Yield and Land Equivalent Ratio in Roselle – Green Gram Intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 15 (2): 311-322.
18. Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Soil fertility and biofertilizers: an agroecological approach. Ferdowsi University Press. 250 pp. (in Persian).
19. Jahan, M., Aryaee, M., Amiri, M. B., and Ehyaee, H. R. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of (*Sesamum indicum* L.) with application of cover crops of *Lathyrus* sp. and Persian clover (*Trifolium resopinatum* L.). Journal of Agroecology 5 (1): 1-15. (in Persian).
20. Jannoura, R., Joergensena, R. G., and Bruns, C. H. 2014. Organic fertilizer effects on growth, crop yield, and soil microbial biomass indices in sole and intercropped peas and oats under organic farming conditions. European Journal of Agronomy 52: 259-270.
21. Jensen, E. S., Peoples, M., and Hauggaard-Nielsen, H. 2010. Faba bean in cropping systems. Journal of Field Crop Research 115: 203-216.
22. Karimi, K., Bolandnazar, S. A., and Ashoori, S. 2013. Effect of bio-fertilizer and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, growth characteristics and quality of green bean (*Phaseolous vulgaris* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 23(3): 157-167. (in Persian with English abstract).
23. Khaki Najafabadi, A., Jahan, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahalat, M. 2017. Effects of intercropping of common millet (*Panicum miliaceum* L.) cowpea (*Vigna unguiculata* L.) and biological fertilizer inoculation on water and nitrogen use efficiencies. Iranian Journal of Field Crops Research 15 (3): 691-708. (in Persian with English abstract).
24. Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Ghorbani, R. 2010. Effect of biofertilizers on the yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 758-766. (in Persian).
25. Koocheki, A., Fallahpour, F., Khorramdel, S., and Jafari, L. 2014. Intercropping wheat (*Triticum aestivum* L.) with canola (*Brassica napus* L.) and their effects on yield, yield components, weed density and diversity. Journal of Agroecology 6 (1): 11-20. (in Persian).
26. Koocheki, A., Lalegani, B., and Najib Nia, S. 2009. Evaluation of intercropping beans and corn production. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (2): 20-30. (in Persian).
27. Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, H. R. 2016. Effects of planning dates, irrigation management and cover crops on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agroecology 8(3): 435-451.
28. Koocheki, A., Zarghani, H., and Norooziyan, A. 2016. Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and Red Bean (*Phaseolus calcaratus*) under different intercropping arrangements. Iranian Journal of Field Crops Research 14 (2): 226-243. (in Persian with English abstract).
29. Leithy, S., El-Meseiry, T. A., and Abdallah, E. F. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. Journal of Applied Sciences Research 2: 773-779.
30. Mardani, F., Balouchi, H., Yadavi, A., and Salehi, A. 2015. Effect of row intercropping patterns on yield, yield components, and weed control of fenugreek (*Trigonellafoenumgreacum* L.) and anise (*Pimpinellaanisum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 13 (3): 623-636. (in Persian with English abstract).
31. Moradi Telavat, M. R., and Ataollah Siadat, S. 2012. Introduction and production of oil seed crops. Education and agricultural promotion Press, Pp 374. (in Persian).
32. Naghizade, M., Ramroodi, M., Galavi, M., Siahsar, B., Heydari, M., and Maghsoodi, A. A. 2013. The effects of various phosphorus fertilizers on yield and yield components of maize and grass pea intercropping. Iranian Journal of Field Crop Science 43 (2): 203-215. (in Persian with English abstract).
33. Pooramir, F., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Ghorbani, R. 2010. Effect of different planting

combinations on yield and yield components of sesame and peas intercropping in additive series. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (3): 393-402. (in Persian).

34. Rezaei- Chiyaneh, E. 2016. Intercropping of flax seed (*Linum usitatissimum* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under foliar application of iron nano chelated and zinc. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 29 (1): 39-56. (in Persian with English abstract).
35. Rezaei- Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., and Fotohi Chiyaneh, S. 2015. Yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in strip intercropping with ajowan (*Carum copticum* L.) influenced by bio and chemical fertilizer. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 24 (4): 1-15. (in Persian with English Summary).
36. Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E. 2015. Study of agronomic characteristics and advantage indices in intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 7 (3): 381-396. (in Persian).
37. Rezaei-Chiyaneh, E., Khorramdel, S., and Garachali, P. 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower and faba bean on their yield and land use efficiency. Journal of Crops Improvement 17 (1): 183-196. (in Persian).
38. Rezvani Moghadam, P., and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Iranian Journal of Field Crop Science 43 (2): 217-230. (in Persian with English abstract).
39. Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M. B., and Seyyedi, S. M. 2014. Effect of organic and bio-fertilizers application on yield, oil content and fatty acids composition of sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 16 (3): 209-221. (in Persian with English abstract).
40. Rudresh, D. L., Shivaprakash, M. K., and Prasad, R. D. 2005. Effect of combined application of rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and trichoderma spp. on growth, nutrient uptake and yield of Chickpea (*Cicer aritenium* L.). Journal of Applied Soil Ecology 28: 139-146.
41. Seyed Sharifi, R., and Khoramdel, S. 2016. Effects of Nano-Zinc oxide and seed inoculation by plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, yield components and grain filling period of soybean (*Glycine max* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 13 (4): 738-753. (in Persian).
42. Seyed sharifi, R., and Namvar, A. 2015. Bio fertilizers in agronomy. University of Mohaghegh Ardabili. 280. (in Persian).
43. Strichland, M. S., Leggett, Z. H., and Bradford, M. A. 2015. Biofuel intercropping effects on soil carbon and microbial activity. Ecological Applications 25: 140-150.
44. Tang, X., Bernard, L., Brauman, A., Daufresne, T., Deleporte, P., Desclaux, D., Souche, G., Placella, S. A., and Hinsinger, P. 2014. Increase in microbial biomass and Phosphorus availability in the rhizosphere of intercropped cereal and legumes under field conditions. Soil Biology and Biochemistry 75: 86-93.
45. Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M. M., and Heydari, M. 2010. The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of and bean in intercropping. Iranian Journal of Agronomy Research 8 (2): 96-114. (in Persian with English abstract).
46. Tong-jian, X., Qing-song, Y., Wei, R., Guo-hua, X. U., and Qi-rong, S. H. 2010. Effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus on nitrogen and phosphorus utilization in upland rice-mungbean intercropping system. Journal of Agricultural Sciences in China 9: 528 -535.
47. Toosi, P., Esfahani, M., Rabiei, M., and Rabiei, B. 2011. Effect of concentration and time of supplementary nitrogen fertilizer application on yield and NUE of rapeseed (*Brassica napus* L.) as a second crop in paddy field. Iranian Journal of Field Crop Science 42 (2): 387-396. (in Persian).
48. Weisanny, W., Raei, Y., Zehtab-Salmasi, S., and Sohrabi, Y. 2016. Effect of arbuscular mycorrhiza fungi on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.) in mono and Intercropping System. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 26 (3): 1-19. (in Persian with English abstract).
49. Zarifpour, N., Naseri Poor Yazdi, M. T., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 34-43. (in Persian).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 1, Spring. 2019, p. 123-140

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۱۴۰-۱۲۳

The Effect of Combined Application of PGPR and Mycorrhizal Fungi in Intercropping of Linseed (*Linum usitatissimum* L.) and Faba bean (*Vicia faba* L.) on Growth Characteristics and Seed Yield

Kh. Alizadeh[1], E. Rezaei-Chiyaneh[2*], R. Amirnia[3], M. Barin[4]

Received: 09-04-2018
Accepted: 12-08-2018

Introduction: Intercropping is defined as the growing of two or more crops at the same time in the same piece of land. Intercropping of legume with non-legume compared with monoculture has many advantages such as reducing the risk of crop failure, making efficient use of available land, improving productivity and income, more efficient use of resources (water, nitrogen, and radiation) and increasing food security in vulnerable production systems. Biofertilizers are important not only for the reduction of quality of chemical fertilizers but also for getting better yield in sustainable agriculture. Application of biofertilizers and no use of chemical fertilizers are rapidly gaining favor. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) has been well documented to be a bio-fertilizers that have a symbiotic relationship with many crops and by increasing the uptake of nutrients mainly phosphorus, and enhancing the water absorption and resistance to pathogens, improves growth and yield of host plants in sustainable agricultural systems. The main objective of the present study was to determine the effect of biofertilizers (nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur solubilizing bacteria+ Arbuscular mycorrhizal fungi) and intercropping on seed yield and yield components of linseed and faba bean.

Materials and Methods: This experiment was conducted as factorial layout based on randomized complete block design with three replications at the Research Farm of the Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran, during growing season of 2017. The first factor was five intercropping patterns including 1 row linseed + 1 row faba bean, 2 row linseed + 2 row faba bean, 3 row linseed + 3 row faba bean, and monocropping of each crop and the second factor was included control (no fertilizer), and biofertilizers (nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur supplier bacteria+ arbuscular mycorrhiza fungi). Before the sowing, the related biofertilizers were shaked completely to cover the whole seeds surface after which the seeds were shadow-dried and planted, irrigation was done immediately after seed sowing. No fertilizer was used during the growing season. In addition, the land equivalent ratio (LER) was calculated to determine the advantages of intercropping. The Analysis of variance was performed using SAS 9.4 software; means were compared by using Duncan's multiple test at 0.05 probability level.

Results and Discussion: The results showed that the effect of cropping pattern on all measured traits was significant on height, number of lateral branch, number of capsule per plant, number of seed per capsule, 1000-seed weight, biological yield, seed yield, oil percentage of linseed and on height, number of lateral branch, number of pod per plant, number of seed per pod, 1000-seed weight, biological yield, seed yield of faba bean. The highest seed yield of faba bean (4.280 t ha^{-1}) and linseed (2.230 t ha^{-1}) were obtained in monocropping treatments, respectively. The higher production in linseed and faba bean monocropping may be due to the less disturbance in the habitat in homogeneous environment under monocropping systems. The results showed that biofertilizer had a significant effect on all traits, in linseed and faba bean. The highest yield and yield componenet of both plants were achieved in use of biofertilizers. In linseed, the highest oil percentage of all treatments was higher than solecropping. Also, total LER was more than 1 and the highest values were observed in all treatments. The maximum LER values (1.50) were obtained for intercropping 2 row of linseed + 2 row of fababean with using biofertilizers. It seems that better utilize of the growth resource in the intercropping led to reach this result.

Conclusions: In general, the results of this experiment showed that the faba bean and linseed yield were influenced by different intercropping patterns and biofertilizer. The highest seed yield for both plants (faba bean

1- Graduate Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plants Breeding, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plants Breeding, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plants Breeding, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
4- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
(*- Corresponding Author Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir)

and linseed) were achieved in monocropping. In the present study, application of biofertilizers could improve the yield and some characteristics of faba bean and linseed. In addition, with application of biofertilizer the seed yield of linseed and faba bean about 38% and 31% compared with control (non-consumption), respectively. It seems that the use of biofertilizers in intercropping is one of the suitable strategies for achieving optimal yields with minimum inputs, which in the long run can reduce the need of crop systems to chemical inputs.

Keywords: *Azotobacter*, Land equivalent ratio, Oil, Planting pattern, *Pseudomonas*